

樹脂部品設計への成形シミュレーションの適用

Fabrication Simulation Technology Applied to Resin
Component Design

谷山 和治 *Kazuharu Taniyama*
山川 隆史 *Takashi Yamakawa*



要 旨

当社では、製品のコストダウンや軽量化を図る為、金属部品の樹脂化や複数部品の一体化樹脂成形を行うなど、樹脂成形技術の活用に取り組んでいる。しかし樹脂部品が多様化・複雑化するにつれ、成型時に発生するソリ変形等の不具合の改善が困難になってきた。そこで1997年に樹脂流動解析システムを導入した。このシステムを使って設計初期段階から成形シミュレーションによる不具合の予測を行い、設計段階での対策を図ることにより、成形時の不具合が減少し樹脂部品開発期間も短縮できた。

本稿では、樹脂流動解析システムの概要と、活用例としてCDチェンジャーデッキの樹脂部品開発に適用し開発期間を2割短縮した例を紹介する。

Abstract

Fujitsu Ten has been pursuing advanced resin molding technology, seeking to replace metal parts with resin, integrate multiple parts into single resin molds, and, ultimately, reduce product weight and production cost. However, since resin parts are becoming highly advanced and complex in shape, it has become difficult to take measures to minimize warping and shape deformation during the molding process. To solve this problem, we installed a resin rheological analysis system in 1997. Using rheological analysis, we conduct fabrication simulations in the initial parts design stage, and predict possible generation of flaws. This information helps us take necessary measures against deformation in the design stage, thus allowing us to minimize shape defects in the molding process and reduce resin part development time.

An outline of the resin rheological analysis system follows, including an example of its successful application in resin part development for a CD changer deck mechanism. In the case cited, a 20% reduction in the development period was obtained.

1. はじめに

近年、部品のコストダウンや軽量化を図る為、金属で設計されていた部品を樹脂化することが必要となってきた。樹脂成形の技術に対する要求が年々高度になり、経験や勘に頼って樹脂を使う製品設計や金型設計することが困難になりつつある。そのため、樹脂で成形された部品の品質を確保するための試作回数は増加傾向にあり、開発期間の長期化と開発費の増加が問題となっている。

そこで当社は開発期間の短縮とコストダウンを図ったうえで品質確保するべく、従来の経験や勘に代わるツールとして1997年に樹脂流動解析システムを導入した。このシステムを使って製品設計の初期段階から成形シミュレーションを行うことにより、設計品質の評価と改善を行い、部品品質を向上させたうえでの開発期間短縮に効果を上げている。

本稿では、樹脂流動解析システムの概要とこのシステムを樹脂部品開発に適用して成形シミュレーションを行い開発期間を2割短縮した事例を紹介する。

2. 樹脂流動解析システムの概要

2.1 樹脂流動解析システム

樹脂流動解析システム（以下、解析システムとする）とは、高温で溶融状態にある樹脂の金型内での流れを、コンピュータで理論的に計算するシステムである。この解析システムを使って「成形シミュレーション」を実施することにより、ソリ変形等の成形不良を予測することが可能となる。

一般に解析システムでシミュレーション予測できる機能には次の4種類がある。

充填過程予測

金型内に射出された樹脂がどのように充填されるかを予測する。図-1に、樹脂がゲートから金型へ充填されていく時間経過の様子を色で示している。

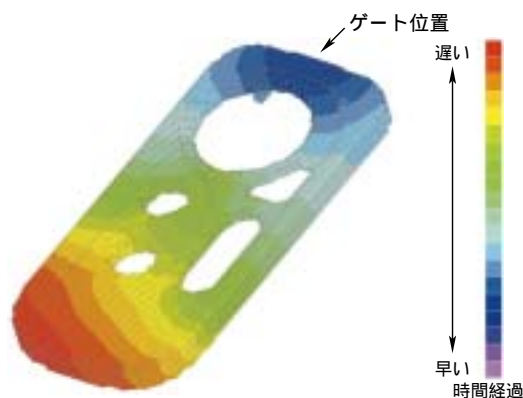


図-1 充填過程予測図

Fig. 1 Diagram of predicted filling process

ウェルドライン位置予測

金型内に射出された樹脂の流れ同士が衝突する位置（「ウェルドライン」外観上のスジ模様）を予測する。図-2に、ウェルドラインが発生すると予想される位置を示している。

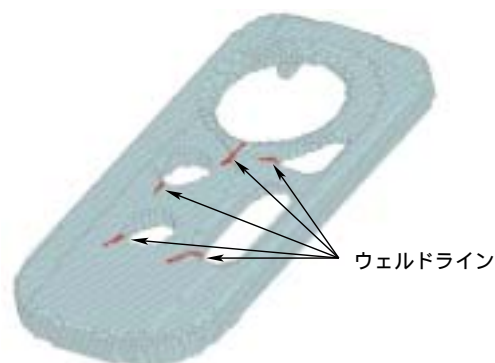


図-2 ウェルドライン位置予測図

Fig. 2 Diagram of predicted weld line location

温度分布予測

金型内に射出された樹脂の温度分布を予測し、解析結果を図-3に色で示す。

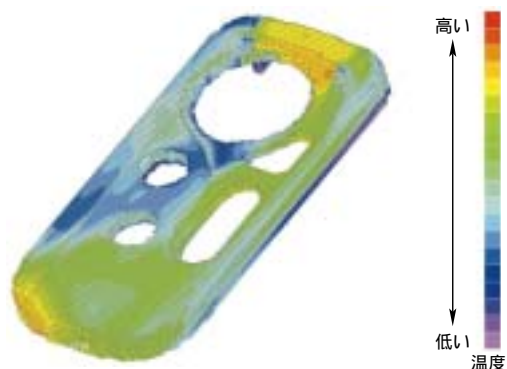


図-3 温度分布予測図

Fig. 3 Diagram of predicted temperature distribution

ソリ変形予測

離型後、成形品がどのようにソリ変形するか予測する。図-4に変形後の形状を示す。



図-4 ソリ変形予測図

Fig. 4 Diagram of predicted warp and deformation

これら成形状態の予測を基に、4種類の対策を行えば成形品の品質向上が可能となる。

部品形状の変更

使用樹脂の変更

成形条件の変更

金型構造の変更

2.2 成形シミュレーションの効果

成形シミュレーションによる効果は主に下記の3つである。

品質向上

成形不良を設計初期段階から予測し、対策を講じることにより、成形品の品質向上になる。

金型修正費削減

設計品質が向上し、試作回数が減少することにより、金型修正費の削減になる。

製品開発期間短縮

試作回数の減少により、製品開発期間の短縮になる。

2.3 成形シミュレーションが役立つ工程

成形シミュレーションは次の工程で活用することができる(図-5)。

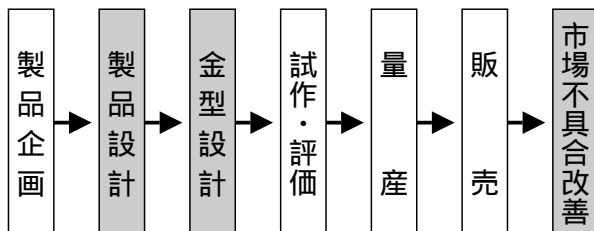


図-5 成形シミュレーション活用工程
Fig. 5 Process utilizing fabrication simulation

製品設計工程

成形不良の発生しにくい部品形状の検討や、樹脂の選定に活用する。

金型設計工程

冷却管の配置や成形条件の検討、収縮率補正に活用する。

市場不具合改善工程

市場で発生した成形に関わる不具合の原因調査と改善に活用する。

2.4 成形シミュレーションに必要なデータ

成形シミュレーションに際し必要なデータは下記の3種類である。

部品形状データ

三次元CADで作成した部品形状を微小六面体でメッシュ分割したもの(図-6)。



図-6 メッシュ分割図
Fig. 6 Mesh network diagram

樹脂データ

樹脂の物性に関するデータ(熔融温度・固化温度・粘度等)。

成形条件データ

成形機に入力する設定条件や金型に関するデータ(射出温度・金型温度・冷却時間・ゲート位置等)。

2.5 成形シミュレーションの課題について

成形シミュレーションによる予測と実際の成形結果が異なる場合がある。主な原因としては下記の3つが考えられる。

成形シミュレーションの時間を短縮する目的で、解析システム内の基礎方程式の一部を仮定式に置き換えて計算している為、計算結果に違いが生じることが考えられる。

成形品形状を六面体のメッシュで近似表現しているが、メッシュの大きさによってはR部等をうまく形状表現できない場合があり、実際の形状と異なることが考えられる。

実際の成形現場では金型温度や成形温度等が成形する度に変化している為、解析システムを使って成形シミュレーションした場合に入力したデータと異なっていることが考えられる。

成形シミュレーションの精度を向上させるには上記3つの主な原因について改善することが必要となる。メッシュ分割や成形条件の入力については既に検討・改善しているが、解析システムについては我々エンドユーザーが変更するのは困難であるため、現在の解析システムで得られた結果の精度を把握し、解析システムで得られた結果に補正を加えて活用している。

3. CDチェンジャ用トレイに適用した事例

3.1 部品仕様

成形シミュレーションを適用した部品は、本稿冒頭の写真で示したCDチェンジャ用のトレイでCDを保持する

ものである。このトレイにおける幅寸法はCDを保持するために重要であり、設計初期段階での要求仕様は、幅寸法の変形を $\pm 1.00\text{mm}$ 以内にすることである。図-7に設計初期段階のプロトタイプ形状を示す。



図-7 プロトタイプ形状
Fig. 7 Prototype shape

3.2 成形シミュレーションの目的

設計初期段階でのトレイの部品形状は、従来のCD全体を保持するお皿型形状からCDの周辺部だけを保持し樹脂量を最小限に抑えるように設計改良されている。その為、幅が狭く板厚が薄い形状となっており果して成形が可能なのか、また成形上の不具合がどの程度発生するか予測するのが困難であった。そこで設計初期段階から解析システムを活用してトレイの成形シミュレーションを行い、成形時に発生する不具合を予測するとともに対策を行うことにした

3.3 成形シミュレーションの活用

3.3.1 プロトタイプ形状の評価

成形シミュレーションを実施した結果、下記の2点が判った。

樹脂が部品の細部まで完全に充填された成形が可能であることが判った。

幅方向に 5.22mm ソリ変形が発生し、CDを保持するのに支障をきたすことが判った（図-8）。

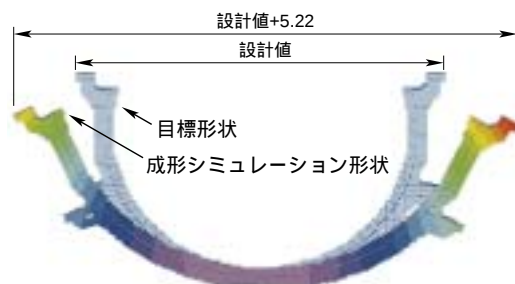


図-8 プロトタイプ形状のソリ変形予測図
Fig. 8 Diagram of predicted warp and deformation in prototype shape

ソリ変形の原因を分析すべく図-9 温度分布予測をすると、内周部と外周部の温度差が 90°C あり、冷却時の収縮

差によるソリ変形が発生することが予測された。

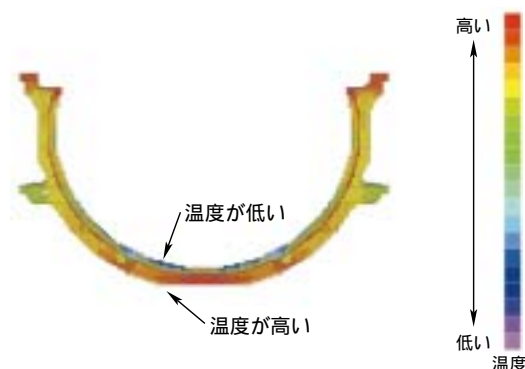


図-9 プロトタイプ形状の温度分布予測図
Fig. 9 Diagram of predicted temperature distribution in prototype shape

3.3.2 一次対策案

ソリ変形の対策として、部品形状の改善を2カ所行った（図-10）。

肉厚の違いによる温度差を少なくするため裏側にミゾを掘り、全体の肉厚を均一化した。

最も変形が大きかった箇所の内周と外周の温度差を少なくする為、内周部に切り欠きを入れた。



図-10 一次対策案の部品形状（裏側）
Fig. 10 Component shape (back side) proposed in preliminary improvement plan

結果は、図-11温度分布予測図のように内周部と外周部の温度差を 70°C にすることができ、ソリ変形量を設計値 $+1.19$ に減少させることができた。

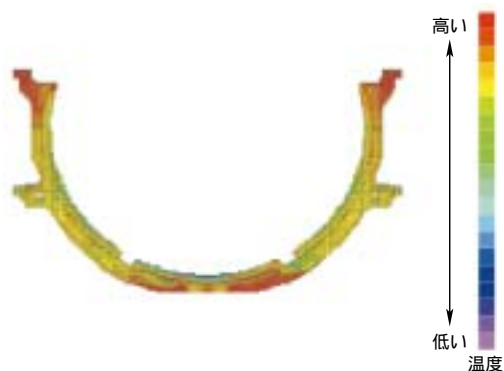


図-11 一次対策案の温度分布予測図
Fig. 11 Diagram of predicted temperature distribution resulting from preliminary

3.3.3 二次対策案

一次対策案で考えた形状を更に改善し、図-12のように温度の低い内周部の切り欠き範囲を大きくした。

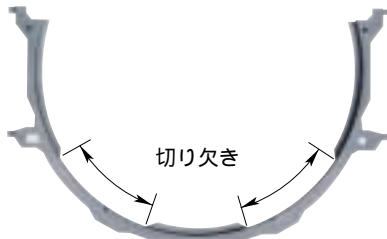


図-12 二次対策案の部品形状

Fig. 12 Diagrams of predicted warp and deformation in each improvement plan

その結果、内周部と外周部の温度差は30℃に改善され（図-13）、ソリ変形を設計値+0.30mmに減少させることができ、要求仕様（設計値±1.00mm）を満たすことができた（図-14）。



図-13 二次対策案の温度分布予測図

Fig. 13 Component shape proposed in secondary improvement plan

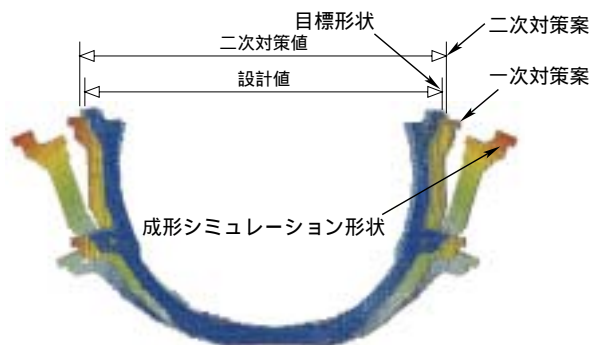


図-14 各対策案のソリ変形予測図

Fig. 14 Diagram of predicted temperature distribution resulting from secondary improvement plan

3.4 成形シミュレーションの効果

三次元CADと樹脂流動解析システムを活用し、成形シミュレーションを行うことで、初めての形状でも試作前

にソリ変形の少ない形状に設計品質を向上させることができた。

当初、この形状について成形業者は「ソリ変形は内側に出る」との見解であった。しかし、成形シミュレーションで得られた結果は「ソリ変形は外側に出る」であり両者の見解が正反対になった。後に成形した部品を確認すると「ソリ変形は外側に出た」ので、今回は成形シミュレーションの方が正しい予測をしたことが実証された。

また、試作前に設計品質を高めたことにより、試作回数が最小限で済み、全体の開発期間は図-15に示すように2割短縮することができた。

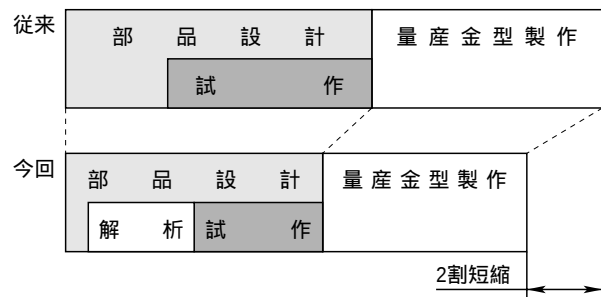


図-15 解析による開発期間短縮効果

Fig. 15 Development period reduction based on analysis

このように樹脂流動解析システムは設計者にとって品質向上と開発期間短縮の為に強力なツールと成りつつあり、今後もますます成形シミュレーションによる試作前評価が重要になってくる。

4. 今後の課題

4.1 成形シミュレーションの精度

成形シミュレーションの精度がいつも良い訳ではない。入力するデータの値が適切でないと、ソリ方向が実際と反対に予測されたり、収縮するところを膨張と予測されることがある。精度向上を図るには、予測に対する実際の成形結果を確認し、誤差の原因を分析して改善するよう常に努力する必要がある。また、誤差の原因が解析システム自体に起因することもある為、誤差の発生を解析システムメーカーにフィードバックし、協力して精度向上を図る必要がある。

4.2 樹脂品種の標準化

既に述べたように、成形シミュレーションを行うには樹脂データが必要である。解析システムには予め様々な樹脂品種がデータベースに登録されているが、市場の樹脂品種は年々増加傾向にあり、不足している品種も多い。未登録の品種については樹脂メーカーに請求したり、外部分析機関へ委託しているが、樹脂データ入手に時間がかかり解析期間が長引くことがある。そこで、樹脂部品

の用途や使用環境に応じた樹脂品種の標準化を行い、標準に指定された樹脂のデータを予め整備しておく事を考えている。この標準化により、各々の樹脂の特性を把握し易くなるため、成形シミュレーションの精度が向上するだけでなく、予測された成形不良に対する改善も行い易くなる。また、成形業者の抱える樹脂在庫の削減と、同一樹脂の大量購入による材料費低減が図れるなど、樹脂の標準化による波及効果は大きい。

5. まとめ

本稿では樹脂流動解析システムを使った成形シミュレーションの活用について紹介した。今回のシミュレーションでは設計段階から成形不良を予測し、部品品質を試作前に改善することができた。今後も設計初期段階から部品開発と並行した成形シミュレーションを行い、開発期間短縮を図ると共に、シミュレーションの効果を最大限に活かす為に全社的な取り組みへと発展させていきたい。

筆者紹介



谷山 和治（たにやま かずはる）

1991年入社。自動組立ライン・製造支援システムの開発担当後、樹脂流動解析に従事。現在、生産技術開発部部品技術課在籍。



山川 隆史（やまかわ たかし）

1981年入社。以来、自動化技術の開発に従事。現在、生産技術開発部部品技術課長。